

# КАКАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ САМАЯ ЛУЧШАЯ?

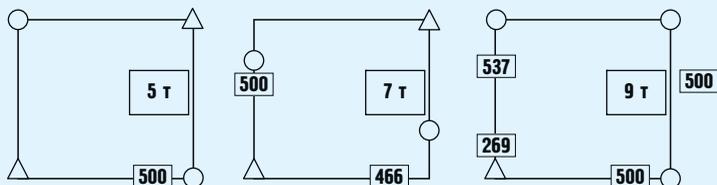


Рис.1

В работе рассмотрены вопросы, связанные с выбором вида площадной системы разработки в проектных документах. Выполнено сопоставление стандартных площадных систем по степени интенсивности воздействия. Предложено ранжирование систем в зависимости от соотношения средней приемистости нагнетательных скважин и среднего дебита добывающих скважин.

Расчеты показывают, что при соотношении приемистости ( $\Pi$ ) и дебита ( $\Delta$ ) скважин 1:1,5 наиболее эффективной представляется 5-точечная система разработки, при изменении параметра в пределах  $1,5 < \Pi/\Delta < 2,7$  самой «лучшей» будет обращенная 7-точечная система, если  $\Pi/\Delta > 2,7$  — то обращенная 9-точечная система.

Для месторождений Западной Сибири обратное соотношение приемистости и дебита ( $\Pi/\Delta < 1$ ) нехарактерно, но если предположить такую возможность, то в этом случае наиболее эффективными будут прямые площадные системы: при  $0,67 < \Pi/\Delta < 1$  — 5-точечная, при  $0,37 < \Pi/\Delta < 0,67$  — 7-точечная, при  $\Pi/\Delta < 0,37$  — 9-точечная.

Использование в практике проектирования принципов выбора системы разработки, рассмотренных в настоящей работе, позволит существенно сократить набор расчетных вариантов, сконцентрироваться на задаче определения оптимальной плотности сетки скважин в рамках выбранной системы.

**Д**ля того чтобы ответить на поставленный в названии публикации вопрос, необходимо, прежде всего, определиться с критериями оценки. При проектировании разработки нефтяных месторождений для выбора системы воздействия в качестве основных показателей эффективности используют темпы отбора и КИН.

Выполним сопоставление потенциальных темпов отбора для пло-

щадных систем разработки (рис.1) при размещении эксплуатационных (добывающих + нагнетательных) скважин по равномерной сетке при одинаковой плотности и одинаковом перепаде давлений между точками отбора и нагнетания.

В качестве методической основы для сопоставления воспользуемся формулами Ю.П.Борисова для расчета фильтрационных сопротивлений площадных систем. Полученные результаты для пла-

ста толщиной 4 м, проницаемостью 50 мД, при вязкости нефти 2 мПа·с, радиусе скважин 0,1 м и плотности сетки 25 га/скв сведены в табл.1.

## Почему 5-точечная?

В данном случае наиболее интенсивное воздействие на залежь возможно при реализации площадной 5-точечной системы разработки с размещением скважин по квадратной сетке. Это соотношение систем по темпам отбора сохранится и при других значениях фильтрационных параметров пласта и насыщающих флюидов.

Для окончательного вывода о самой высокой эффективности площадной 5-точечной системы разработки по темпам отбора дополнительно убеждаемся в том, что переход от квадратной к прямоугольной сетке (однорядной системе) приводит к снижению интенсивности воздействия (рис.2).

Для сопоставления расчетных значений коэффициентов нефтеизвлечения при реализации площадных систем разработки воспользуемся определением, которое рассматривает КИН как произведение трех коэффициентов: вытеснения ( $K_{\text{выт}}$ ), охвата ( $K_{\text{охв}}$ ) и заводнения ( $K_{\text{зав}}$ ).

Коэффициент вытеснения определяется в лабораторных условиях на образцах керна. Он характеризует потери нефти в микрообъеме пласта для условий данного коллектора и агента вытеснения. Из технологических факторов на  $K_{\text{выт}}$  влияние оказывает скорость фильтрации.

Для площадных систем разработки в сопоставимых условиях различие в распределении объемов коллектора по скоростям фильтрации будет невелико. Поскольку в формулы для оценки остаточной нефтенасыщенности скорость фильтрации входит под логарифмом, то различие меж-

Табл.1

Система воздействия	Расстояние между скважинами, м	Проводимость элемента системы, м <sup>3</sup> /сут./МПа	Депрессия между скважинами, МПа	Приемистость нагнетательных скважин, м <sup>3</sup> /сут.	Дебит элемента системы, м <sup>3</sup> /сут.	Относительная интенсивность системы
5-точечная	500	3,54	24	85,0	42,5	1,00
7-точечная	537	4,62	24	110,9	37,0	0,87
9-точечная	500	5,04	24	121,0	30,3	0,71

Табл.2

Параметр	Значение
Начальное пластовое давление, МПа	25
Минимальное забойное давление в добывающих скважинах, МПа	13
Максимальное забойное давление в нагнетательных скважинах, МПа	37
Депрессия при добыче, МПа	12
Депрессия при нагнетании, МПа	12
Средняя нефтенасыщенная толщина пласта, м	4
Фазовая проницаемость по нефти при начальной нефтенасыщенности, мд	40
Фазовая проницаемость по воде при остаточной нефтенасыщенности, мд	15
Вязкость нефти, МПа с	2,0
Вязкость воды, МПа с	0,4
Радиус контура питания, м	250
Радиус скважины, м	0,1
Коэффициент продуктивности, м <sup>3</sup> /(сут.*МПа)	5,7
Коэффициент приемистости, м <sup>3</sup> /(сут.*МПа)	10,6
Потенциальный дебит добывающих скважин, м <sup>3</sup> /сут.	68,4
Потенциальная приемистость нагнетательных скважин, м <sup>3</sup> /сут.	127,2
Соотношение приемистость/дебит (П/Д), ед.	1,9

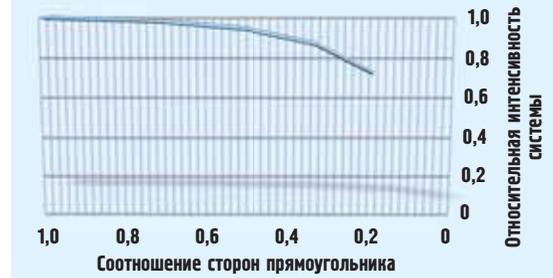
ду системами по  $K_{\text{выт}}$  можно пренебречь.

Коэффициент заводнения характеризует потери в добыче из-за остановки скважин при достижении предельной обводненности продукции и/или порогового дебита нефти. Итоговое значение  $K_{\text{зав}}$  по В.Д.Лысенко определяет-

ся неоднородностью пласта, а также различием в вязкости и плотности фильтрующихся фаз.

Основные различия по коэффициенту нефтеизвлечения при реализации различных систем разработки при одинаковой плотности сетки скважин связаны с коэффициентом охвата. Оценка  $K_{\text{оув}}$  — со-

Рис.2



гласно методике А.Н.Юрьева — также показывает преимущество 5-точечной системы воздействия перед остальными (рис.3).

### Потенциально самой эффективной в сопоставимых геологических условиях представляется площадная 5-точечная система разработки

Таким образом, на основе выполненных оценок, как по темпам отбора нефти, так и по расчетному значению коэффициента нефтеизвлечения, потенциально самой эффективной в сопостави-



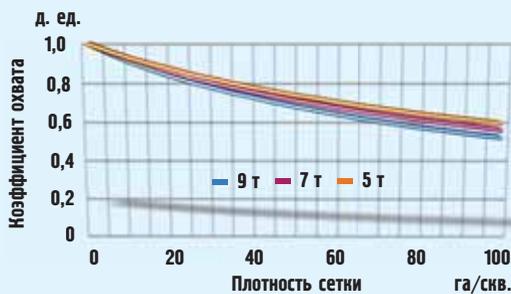
**16 - 18 ноября 2011 г.**  
**НИЖНЕВАРТОВСК. НЕФТЬ. ГАЗ - 2011**  
**V-я специализированная выставка**

**Организаторы:**  
**ОАО «ОВЦ «Югорские контракты»**  
**Торгово-Промышленная Палата**  
**г. Нижневартовска**

**При поддержке:**  
**Администрации г. Нижневартовска**

**Дирекция выставки:**  
**(3462) 32-90-60, 52-00-41,**  
**e-mail: danilova\_u@wsmail.ru, www.yugcont.ru**

Рис.3



**Если 5-точечная система воздействия потенциально является самой эффективной по текущей и накопленной добыче нефти, то почему она применяется далеко не везде?**

В некоторых геологических условиях представляется площадная 5-точечная система разработки.

**Есть иные условия и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе системы разработки — они связаны со свойствами пород-коллекторов и пластовых флюидов**

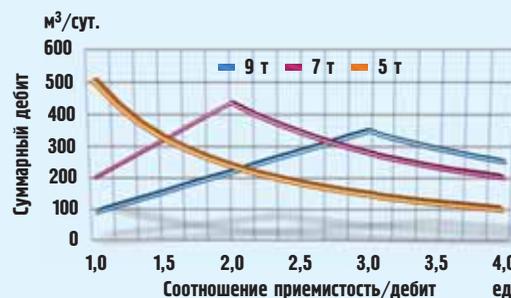
#### Почему не везде?

Возникает естественный вопрос: если 5-точечная система воз-

**При соотношении П/Д = 1,5 наиболее эффективной представляется 5-точечная система разработки, если  $1,5 < П/Д < 2,7$ , то самой лучшей будет обращенная 7-точечная система, если  $П/Д > 2,7$  — обращенная 9-точечная система**

действия потенциально является самой эффективной по текущей и накопленной добыче нефти, то по-

Рис.4



чему она применяется далеко не везде? Есть ли еще какие-либо условия и ограничения, которые необходимо учитывать при выборе системы разработки?

Оказывается да, есть. Они связаны со свойствами пород-коллекторов и пластовых флюидов, которые определяют дебиты добывающих и приемистость нагнетательных скважин. Рассмотрим пример оценки потенциала объекта разработки по добыче и нагнетанию при следующих значениях исходных параметров (табл.2).

Предполагается поддержание пластового давления на уровне первоначального значения. Минимальное забойное давление в добывающих скважинах ограничивается величиной давления насыщения, максимальное забойное давление на нагнетательных скважинах определяется значением давления гидравлического разрыва пласта.

По формуле Дююи рассчитаем дебит добывающих и приемистость нагнетательных скважин в пластовых условиях. Соотношение приемистость/дебит (П/Д) показывает, какое количество добывающих скважин способна обеспечить одна нагнетательная скважина для 100%-ной компенсации отборов закачкой.

Такое соотношение добывающих и нагнетательных скважин (примерно 2:1) характерно для обращенной 7-точечной системы разработки. При ее внедрении и добывающие, и нагнетательные скважины будут иметь возможность практически полной реализации своего потенциала.

В рамках 5-точечной системы воздействия возможности нагнетательных скважин будут задействованы только наполовину. Это, скорее всего, приведет к существенной перекомпенсации отборов закачкой, что отрицательным образом повлияет на значения текущего и конечного коэффициента нефтеизвлечения.

#### Выбор наиболее эффективной

На конкретном примере попробуем ответить на следующий вопрос: какая система разработки будет более эффективной при

безусловном соблюдении 100%-ной компенсации отборов закачкой в зависимости от значений параметра П/Д, который будет изменяться в пределах от 1 до 4 ед.

Допустим, на ограниченном участке нефтяной залежи планируется пробурить 12 эксплуатационных скважин. При реализации площадных систем разработки эти 12 скважин разделяются следующим образом: 5-точечная — 6 доб./6 наг., 7-точечная — 8 доб./4 наг., 9-точечная — 9 доб./3 наг.

Для оценки суммарных дебитов по системам разработки воспользуемся результатами расчетов (табл. 1). Если соотношение П/Д не соответствует оптимальному значению для данной системы, суммарный дебит соответственно снижается. Расчетные границы эффективности площадных систем представлены на рис.4.

Таким образом, при соотношении приемистости (П) и дебита (Д) скважин 1:1,5 наиболее эффективной представляется 5-точечная система разработки, при изменении параметра в пределах  $1,5 < П/Д < 2,7$  самой лучшей будет обращенная 7-точечная система, если  $П/Д > 2,7$  — обращенная 9-точечная система.

Для месторождений Западной Сибири обратное соотношение приемистости и дебита ( $П/Д < 1$ ) нехарактерно, но если предположить такую возможность, то в этом случае наиболее эффективны будут прямые площадные системы: при  $0,67 < П/Д < 1$  — 5-точечная, при  $0,37 < П/Д < 0,67$  — 7-точечная, при  $П/Д < 0,37$  — 9-точечная.

При выполнении проектных работ, разработке технологических схем и дополнений к ним для определения системы воздействия на участках с различным геологическим строением авторы вынуждены проводить расчеты показателей по значительному количеству прогнозных вариантов (иногда несколько десятков).

Несмотря на это, достичь полной уверенности в том, что выбор системы осуществлен оптимальным образом, как правило, не удастся. Причем, с расширением набора прогнозных вариантов разработки неуверенность в правильности принятого решения не уменьшается, а возрастает. [А]

10-Й ЮБИЛЕЙНЫЙ ФОРУМ!

# PCVEXPO

PUMPS COMPRESSORS VALVES



## ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ В МИРЕ НАСОСОВ, КОМПРЕССОРОВ И АРМАТУРЫ!

### 31 ОКТЯБРЯ–3 НОЯБРЯ 2011 МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 1



**Контакты дирекции форума:**

Тел. (495) 935-81-00,  
факс: (495) 935-81-01  
E-mail: medvedeva@mvk.ru

**Организаторы:**



**Под патронатом:**



**Официальный спонсор форума:**



**Генеральные информационные спонсоры:**



**Информационная поддержка:**



РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ЗАО «МVK»: МVK УРАЛ: (343) 371-24-76, МVK ВОЛГА: (843) 291-75-89

**WWW.PCVEXPO.RU**